

PRODUÇÃO DE MONOSEXOS DE TILÁPIA DO NILO

(*The monosex production of Nile Tilapia*)

Yara Silvino SALES¹; Renata Vieira NASCIMENTO²;
Carminda Sandra Brito SALMITO-VANDERLEY¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará, av. Dr. Silas Munguba, 1700. Campus do Itaperi, Fortaleza/CE. CEP: 60.714-903; ²Universidade Regional do Cariri (URCA). *E-mail: yarasales16@hotmail.com

RESUMO

Considerada a espécie mais importante da piscicultura brasileira, atualmente, a *Oreochromis niloticus*, conhecida popularmente como tilápia do Nilo se destaca por sua capacidade de se desenvolver rapidamente e apresentar alta resistência a diferentes temperaturas. Como forma de aprimorar a produção tem-se investido em cultivos monossexos de machos, uma vez que estes são mais atrativos para a produção em larga escala. Para isso, os alevinos passam por um processo chamado de reversão sexual, no qual, através da aplicação de um hormônio masculinizante, o 17- α -metiltestosterona, na ração, vai ser gerada uma população 100% masculina. Entretanto, a reversão sexual pode ocorrer também por manipulação genética, através da manipulação cromossômica e da hibridização e por sexagem espermatária, no qual é feita a seleção de espermatozoides do sexo desejado. Desta forma, objetivou-se descrever brevemente sobre os principais aspectos reprodutivos da tilápia do Nilo e as técnicas utilizadas para o controle reprodutivo, com ênfase na reversão sexual.

Palavras-chaves: Tilápia do Nilo, reversão sexual, piscicultura.

ABSTRACT

Currently considered the most important species in Brazilian fish farming, *Oreochromis niloticus*, popularly known as Nile tilapia, stands out for its rapid growth and high resistance to varying temperatures. As a way of improving production, investments have been made in single-sex male cultures, as these are more attractive for large-scale production. To achieve this, the fry go through a process called sexual reversion, in which, through the application of a masculinizing hormone, 17- α -methyltestosterone, in the feed, a 100% male population will be generated. However, sexual reversion can also occur through gene manipulation, through chromosomal manipulation and hybridization and through sperm sexing, in which sperm of the desired sex is selected. Thus, the objective was to briefly describe the main reproductive aspects of Nile tilapia and the techniques used for reproductive control, with an emphasis on sexual reversion.

Keywords: Nile tilapia, sexual reversal, pisciculture.

INTRODUÇÃO

A produção da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, introduzida na Região Nordeste do Brasil ainda na década de 70, está em constante crescimento. De acordo com os dados obtidos pelo Anuário PEIXE BR 2023, a tilápia é, atualmente, o peixe mais cultivado na piscicultura brasileira, representando cerca de 63% da produção nacional de peixes de cultivo. Atualmente, o Brasil ocupa o quarto lugar de maior produtor mundial dessa espécie (TROMBETA *et al.*, 2021).

Nativa de diferentes países africanos, a tilápia do Nilo, é uma espécie de peixe onívora, que tem capacidade de se adaptar facilmente e se destaca por suas características como seu rápido crescimento, alta resistência a doenças e a temperaturas altas (SILVA *et al.*, 2015; ROMANZINI e COSTA, 2023). Através de técnicas de cultivos intensivos associadas a

obtenção de híbridos comerciais, a tilápia do Nilo é a espécie exótica de maior êxito na piscicultura mundial (CASTILLO-CAMPOS, 1994; VICENTE *et al.*, 2014).

Entretanto, algumas características reprodutivas como a maturidade sexual precoce, a fecundidade elevada e a desova parcelada podem ser entraves enfrentados pelos piscicultores durante a engorda (POPMA e GREEN, 1990). Muitas vezes, a tilápia atinge a maturidade sexual com peso inferior ao peso comercial esperado, podendo levar a uma superpopulação (MAIR *et al.*, 1995). Dessa forma, o tempo de engorda pode ser prolongado, além de gerar variação de peso no lote (ARAI, 2001), que irá provocar um alto custo com a alimentação e na produção (HERBST, 2002).

Como forma de solucionar os problemas da reprodução excessiva da tilápia, os produtores buscam como alternativas as técnicas de cultivo, como: consociação da tilápia com carnívoro predador; sexagem individual de machos e fêmeas através das diferenças na papila urogenital; cultivo de machos híbridos e obtenção de linhagens monosexuais masculinas através do tratamento de larvas com hormônios masculinizantes, sendo esta última a mais utilizada atualmente (ASAD *et al.*, 2023).

A reversão sexual com hormônios masculinizantes já vem sendo utilizada em larga escala, demonstrando resultados promissores (DIAS-KOBERSTEIN *et al.*, 2007; MEURER *et al.*, 2012; SANTOS, 2015; ALBINO *et al.*, 2020). Dessa forma, tal fato pode ser justificado por apresentar como vantagens, principalmente, redução ou eliminação do índice reprodutivo em tanques e aumento da produção devido ao crescimento dos machos (Hermann, 1997). Portanto, essa revisão de literatura tem como objetivo apresentar as principais características do cultivo monossex de tilápia do Nilo, utilizando hormônios masculinizantes.

DESENVOLVIMENTO

Aspectos reprodutivos da tilápia do Nilo

No que se refere a reprodução, diversos fatores bióticos vão exercer um papel crucial, dentre eles, Vieira (2002) destaca a temperatura. Quanto mais alta a temperatura do ambiente, mais rápido irá ser o desenvolvimento. Dessa forma, o nordeste brasileiro é um dos locais mais propícios para a criação de tilápias devido a sua temperatura tropical. De forma geral, as tilápias tendem a se reproduzir em temperaturas acima dos 20 °C, sendo, especificamente, para a tilápia do Nilo, a faixa ideal de temperatura entre 25 e 30 °C (PHILIPPART e RUWET, 1982; AUBURN UNIVERSITY, 1996).

Em ambiente natural, os animais do gênero *Oreochromis* tendem a procurar áreas rasas dos corpos d'água para a reprodução. As fêmeas atingem a primeira maturação gonadal com 2 ou 3 meses de idade; já os machos constroem ninhos para a desova, além de desenvolver características sexuais secundárias como uma coloração mais intensa, com a região da papila urogenital sendo mais pontiaguda para os machos e mais arredondada com dois orifícios visíveis para as fêmeas (TURNER e ROBINSON, 2000; ALMEIDA, 2012).

A tilápia do Nilo (*O. niloticus*) tem uma desova parcelada, que pode ocorrer durante todo o ano, podendo ocorrer de 8 a 12 vezes, em intervalos de 5 a 7 semanas (MOTA ALVES e LIMA, 1987; KUBITZA, 2000). Após a desova, as fêmeas aspiram os ovos para a boca, mantendo-os incubados por oito a nove dias, resultando em perda de peso, pela impossibilidade

de se alimentar. Após cerca de quatro dias, a depender da temperatura, as larvas nascem, permanecendo cinco dias na boca da fêmea, até a absorção do saco vitelino (TEIXEIRA, 2005).

O número de ovos produzidos por fêmea pode variar de 100 a 2000 por desova, a depender do tamanho do animal. Em geral, uma fêmea de 200g pode produzir em torno de 250 a 500 larvas a cada quatro semanas. Além disso, em algumas espécies, como a *O. niloticus*, os animais já atingem a maturidade sexual com cerca de 30 a 40g.

Na fase inicial do desenvolvimento embrionário, os embriões já têm definido geneticamente se irão se diferenciar em machos ou fêmeas, porém não apresentam o sexo definido morfologicamente, ocorrendo por volta dos 20 dias após a eclosão de ovos, na fase larval. Essa definição pode sofrer indução, seja sob a ação de hormônios ou mesmo por fatores ambientais (BALDISSEROTO, 2002).

Determinação e diferenciação sexual

Em teleósteos, de forma geral, o surgimento das gônadas se dá semelhante ao que acontece nos mamíferos, no qual células precursoras somáticas comuns vão originar as células testiculares de Sertoli e as células granulosas ovarianas (NAKAMURA *et al.*, 2008). As células de Sertoli vão circundar a linha germinativa para formar os túbulos testiculares e possibilitar a espermatogênese. Nos ovários, as células granulosas vão circundar os oócitos individuais para formar folículos ovarianos (SIEGFRIED, 2010).

De acordo com Piferrer (2001), os peixes podem ser classificados em gonocóricos, quando os sexos ocorrem separadamente nos indivíduos; em hermafroditas, quando ambos os sexos estão presentes no mesmo indivíduo; e em unisexuados, quando ocorre apenas o sexo feminino ou o sexo masculino. Além disso, as espécies gonocóricas podem ser subdivididas em: indiferenciadas, ou seja, quando a gônada primordial inicia o desenvolvimento assemelhando-se a um ovário e, em seguida, parte dos indivíduos tornam-se machos ou fêmeas; e as diferenciadas, que têm a gônada diferenciada em ovário ou testículo, desde a fase inicial do desenvolvimento (BEARDMORE *et al.*, 2001). Adicionalmente, nas espécies gonocóricas diferenciadas como, por exemplo, a tilápia do Nilo, é possível identificar na região urogenital desses animais a diferenciação gonadal (Fig. 01).



(Fonte: DRUMMOND, 2007)

Figura 01: Região urogenital de fêmeas e machos de *Oreochromis niloticus*.

Recebido: jul./2024.

Publicado: set./2025.

A *O. niloticus* é uma espécie que apresenta gônadas diferenciadas bem desenvolvidas. As fêmeas apresentam ovários em maturação, constituídos por ovogônias e ovócitos envoltos por células foliculares (NAGAHAMA, 1983; CARVALHO E FORESTI, 1996). Além disso, dependendo do grau de maturação sexual do animal, os ovócitos podem estar em diferentes graus de desenvolvimento, podendo ser classificados em ovogonias, ovócitos I, ovócito II, ovócito maduro e ovócito em degeneração (BABIKER E IBRAHIM, 1979; CARVALHO E FORESTI, 1996; MSISKA, 2002). Já os machos, apresentam lóbulos seminíferos com dois tipos de linhagem celular: germinativas e somáticas distintas. Assim como nos ovários, podem ser encontradas diferentes fases de desenvolvimento, sendo elas a espermatogonal, espermatocitária e espermogênica (RUSSEL *et al.*, 1990).

Em relação a determinação sexual, Piferrer (2001) menciona três tipos, cromossômica, poligênica e interação genótipo-ambiente. Presente em poucas espécies de peixes, a exemplo da tilápia do Nilo, a cromossômica é aquela caracterizada pela presença de cromossomos sexuais que comportam grande parte dos genes responsáveis pela determinação do sexo. O sistema mais comum, encontrado na tilápia do Nilo é o XX/XY. Entretanto, outras espécies do gênero *Oreochromis*, como a *O. hornorum* e a *O. aureus* podem ter sistema ZZ/ZW, no qual o sexo heterogamético é a fêmea (ZW). A determinação poligênica é aquela que ocorre quando a decisão quanto à determinação sexual é feita pela combinação de genes alelos, presentes em vários *loci* que estão ao longo do genoma animal, podendo surgir através de modificações nos cromossomos sexuais (VANDEPUTTE *et al.*, 2007; LIEW E ORBAN, 2013; MORAIS, 2018).

O terceiro tipo de determinação é através da influência do ambiente no genótipo, como por exemplo as mudanças de temperatura capazes de alterar a proporção sexual em espécies de água doce (OSPINA-ÁLVAREZ E PIFERRER, 2008).

Sabe-se que as células germinais apresentam uma bipotencialidade durante a diferenciação, facilitando a manipulação através de hormônios esteroides ou por fatores ambientais. Dessa forma, tornou-se comum a prática de controlar o sexo fisiológico desses animais (BORGES, 2004; TORRA *et al.*, 2009).

Os mecanismos que influenciam na diferenciação da gônada são alvos constantes de estudos. Sabe-se, contanto, que o cromossomo Y influencia diretamente na diferenciação sexual. Estudos demonstraram que o gene denominado SRY, localizado no segmento curto do cromossomo Y, atua na codificação do fator de diferenciação testicular (TDF). O SRY é expresso nas células precursoras do suporte somático, levando a uma diferenciação através da regulação positiva do gene Sox9. Na ausência do SRY, no caso das fêmeas X, as células de suporte somática diferenciam-se em células da granulosa (NASCIMENTO e SANTOS, 2003; BRENNAN e CAPEL, 2004; SIEGFRIED, 2010).

Em estudos, pesquisadores investigaram a existência de outros genes que se relacionam com o SRY e que podem influenciar no desenvolvimento gonadal. Kobayashi *et al* (2003) determinou que o gene *Dmrt1* tem um papel fundamental na diferenciação testicular em tilápias, não sendo expresso nos animais tratados com estrogênio. Resultados semelhantes foram encontrados para outras espécies, como a truta arco-iris (BARÃO, 2005).

Enquanto isso, Sekido e Lovell-Badge (2008) estabeleceram bem o papel do gene *Sox9*, atuando diretamente na transcrição do SRY. Na tilápia do Nilo, a expressão do *Sox9* é sexualmente dimórfica no momento da diferenciação sexual das gônadas, porém não atuando na diferenciação da linha germinativa. Desta forma, o *Sox9* não é considerado um regulador

chave na determinação do sexo na tilápia. O hormônio anti-Mulleriano (*amh*) tende a ser expresso em gônadas indiferenciadas de ambos os sexos, com uma expressão positivamente regulada nas gônadas masculinas, mas não nas gônadas femininas (IJIRI *et al.*, 2008).

Técnicas de controle reprodutivo

A utilização de técnicas para a obtenção de populações monossex começaram a se popularizar com o objetivo de maximizar a produção de tilápia do Nilo. No entanto, nem todas apresentaram resultados satisfatórios. Dessa forma, há várias opções que podem ser utilizadas para obter populações monossex, incluindo métodos genéticos e não genéticos (REIS *et al.*, 2016)

Sexagem

A sexagem consiste na separação de machos e fêmeas através do dimorfismo sexual presente nas tilápias. Esse dimorfismo pode ser primário, quando há a presença da gônada masculina ou feminina; ou secundário, o mais comum de ser encontrado nas tilápias, caracterizado pela região da papila urogenital distinta entre os sexos (BORGES, 2004). Na fêmea, encontra-se uma papila com duas aberturas distintas, o orifício urinário e a saída do oviduto. Enquanto nos machos, há somente uma abertura, que servirá para a liberação do sêmen e a excreção da urina (TURRA *et al.*, 2010).

A sexagem deve ser feita em animais com idade em torno de 60 e 90 dias e mesmo sendo um processo simples, pode ser inviável para grandes produtores devido a grande quantidade de animais a serem analisados. Além disso, também há a necessidade de espaço adequado e a disponibilidade de insumos para manutenção dos animais durante esse período, bem como mão de obra treinada para a seleção. Trata-se também de uma técnica que pode apresentar alta margem de erro, caso a sexagem seja realizada com alevinos poucos desenvolvidos ou por pessoas inexperientes (KUBITZA, 2000; BORGES, 2004).

Hibridização

A hibridização em tilápias é uma técnica possível de ser realizada pela existência de pelo menos dois diferentes sistemas cromossômicos, possibilitando a formação de uma prole total ou aproximadamente a 100% composta de machos. Exemplificando, nas espécies *O. niloticus* e *O. mossambicus* são observados os cromossomos X e Y, sendo responsáveis por determinar os sexos de machos heterogaméticos e de fêmeas homogaméticas, representados por XY e XX, respectivamente, assim como nos mamíferos. Já nas espécies *O. aureus* e *O. hornorum*, assim como nas aves, os machos são homogaméticos (ZZ) e as fêmeas heterogaméticas (ZW). Dessa forma, ao cruzar machos puros de *O. aureus* e *O. hornorum* com fêmeas puras de *O. niloticus* e *O. mossambicus*, serão obtidos híbridos heterogaméticos, formando uma prole de machos (BEARDMORE *et al.*, 2001; BORGES, 2004).

A produção de uma prole com 100% de machos através dessa técnica nem sempre é possível, pois a influência dos cromossomos autossômicos e dos diferentes fatores ambientais colabora para que se tenha uma grande variação, de 58 a 100%, reduzindo sua aplicação em larga escala (HULATA *et al.*, 1993). Além disso, outros fatores como a incompatibilidade comportamental entre as espécies, as dificuldades na manutenção de linhagens geneticamente puras e a necessidade de espaço físico para o isolamento dos reprodutores também são fatores

que interferem diretamente na aplicação dessa prática (KUBITZA, 2000; PHELPS e POPMA, 2000; HERBST, 2002).

Manipulação cromossômica

A técnica de manipulação cromossômica consiste na formação de reprodutores supermachos (YY). Essa técnica é baseada na teoria de que reprodutores machos com a combinação cromossômica sexual YY quando acasalados com fêmeas cromossomicamente normais XX, produziria uma prole com 100% de machos, sem a necessidade de administração de hormônios esteroides (PIFERRER, 2001)

Como alternativa as produções monossex, uma outra possibilidade é a esterilização de lotes. De forma sucinta, os machos e as fêmeas estéreis seriam cultivados juntos, porém não haveria um gasto energético para a reprodução, somente para o crescimento. Para produzir uma população estéril, podem ser formados indivíduos poliploides triploides, isto é, indivíduos que possuem um número de cromossomos múltiplo de seu conjunto base haploide (PIFERRER, 2001).

Reversão hormonal

Trata-se da técnica mais utilizada atualmente quando falamos do cultivo monossex de tilápia. De acordo com Yamamoto (1969) para que ocorra uma reversão completa e bem-sucedida é necessário que a administração hormonal ocorra no estágio indiferenciado das gônadas e que a dose e o tipo de hormônio a ser utilizado seja o adequado para a espécie. A porcentagem de machos resultante da reversão depende essencialmente do tipo de hormônio, da dose hormonal (BARRY *et al.*, 2007), da duração da administração (ABUCAY e MAIR, 1997), da espécie e do seu peso e da idade das larvas (EL-SAYED, 2006; DERGAL *et al.*, 2016).

Para a reversão sexual de tilápias machos, o hormônio mais utilizado é o 17- α -metiltestosterona e o método mais usual é a adição do hormônio à ração das larvas. Entretanto, outros métodos de aplicação já foram testados, como a imersão de larvas em solução hormonal e a injeção de soluções hormonais na cavidade peritoneal da fêmea. Ademais, foi comprovado que o método mais eficaz é através da adição na ração (Guerrero e Guerrero, 1988; EL-SAYED, 2006; BAROILLER e COTTA, 2018; SILVA *et al.*, 2022)

O hormônio 17- α -metiltestosterona é um esteroide sintético, derivado da testosterona, que interfere na ação ou eliminação dos hormônios naturais do corpo (Gonzalo-Lumbrelas e Izquierdo-Hornillos, 2003). Podem ser responsáveis pelo equilíbrio dos fatores internos do organismo, tais como a reprodução e o desenvolvimento (Olea-Serrano, 2002). Utilizada desde meados da década de 80, a aplicação do hormônio 17- α -metiltestosterona é considerada efetiva e de fácil aplicabilidade. A utilização desse hormônio apresenta algumas vantagens já comprovadas como: controle sobre a reprodução das tilápias em tanques, alta produção dos peixes devido ao melhor crescimento característicos dos machos e alta densidade de estocagem no tratamento dos peixes durante o processo de reversão (GUERRERO, 1975; LEONHARDT, 1997; BOMBARDELLI *et al.*, 2007).

Pandian e Sheela (1995). Dessa forma, também se destacam algumas vantagens para o uso da reversão sexual, tais como: aumento do valor comercial dos peixes destinados ao consumo e a possibilidade de produção de matrizes com população de 100% machos ou 100%

Recebido: jul./2024.

Publicado: set./2025.

fêmeas. No entanto, existem algumas desvantagens, tais como: tendência carcinogênica dos resíduos esteróides, que pode afetar os consumidores, estresse causado nos animais durante o processo de reversão, que pode resultar em baixas taxas de sobrevivência; possibilidade de retardo da maturidade sexual e uma consequente redução da fecundidade. Além disso, a aplicação de altas doses que podem levar à esterilidade ou à supressão de crescimento, bem como a liberação de metabólitos nas águas de cultivo, ocasionando poluição ambiental (LEONHARDT, 1997).

A concentração e o período de aplicação do hormônio influenciam diretamente na proporção de machos revertidos. Pezzato (1984) verificou que, ao utilizar 30mg/kg de ração de 17- α -metiltestosterona, em um período de 60 dias em larvas de três dias de idade, obtém-se uma população de 100% machos, com animais com maior peso corporal, entretanto, também se observou um aumento na taxa de mortalidade das larvas de 19,44% para 33,90%.

Para Popma e Green (1990), a dose de 60mg/kg de 17- α -metiltestosterona em uma dieta de 28 dias é capaz de reverter de 97 a 100% das larvas de tilápia, com um tamanho aproximado de 11mm. Hiott e Phelps (1993) verificaram que o tamanho inicial da larva a receber a ração hormonizada é mais impactante nos resultados do que a idade. O uso de larvas com 11mm resultou em 95% de machos, enquanto larvas com mais de 16mm em 52,6% de machos. Assim como Ribeiro Dias *et al* (1996) que avaliou a aplicação das duas dosagens já citadas anteriormente, por um período de 35 dias, obtendo uma produção com mais de 95% de indivíduos machos, resultado visto também por Marjani *et al* (2009) e Celik *et al* (2011).

Reforçando os resultados de Popman e Green (1990), outros estudos também demonstraram uma taxa de sucesso quando utilizado 60 mg/kg de 17- α -metiltestosterona. Vera-Cruz e Mair (1994) obtiveram 99% de machos, após 25 dias de alimentação suplementada. Smith e Phelps (2001) relataram a mesma taxa de sucesso após uma dieta de 28 dias, resultado similar foi encontrado por El-Greisy e El-Gamal (2012) no mesmo período de alimentação.

Como alternativa ao uso do hormônio na dieta dos animais, tem-se a possibilidade de utilizar banhos de imersão para a reversão, no qual os animais são expostos periódica ou continuamente no hormônio. Essa alternativa apresenta baixo custo e menor grau de intervenção (PANDIAN e SHEELA, 1995; BOMBARDELLI e HAYASHI, 2005). Tentativas de reversão sexual através do banho de imersão vem sendo realizadas desde 1965, essencialmente com salmonídeos e tilápias (ECKSTEIN e SPIRA, 1965; GOETZ *et al.*, 1979; PIFERRER e DONALDSON, 1991; FIEST *et al.*, 1995; WASSERMANN *et al.*, 2000; BOMBARDELLI e HAYASHI, 2005).

Posteriormente, Zanardi *et al.* (2011) comparou as duas técnicas e observou uma eficiência de 94% nos tratamentos com uso de ração, enquanto os banhos de imersão não ultrapassaram os 86%. O banho de imersão consiste em colocar os alevinos durante determinado tempo sob exposição ao 17- α -metiltestosterona. É uma técnica pouco utilizada uma vez que demonstra resultados menores quando comparado a implementação do hormônio na ração. Entretanto é de grande interesse para os produtores, uma vez comprovada que, através dela há uma eliminação maior dos resíduos hormonais (DIAS-KOBERSTEIN *et al.*, 2007; ZANARDI *et al.*, 2011).

Outros hormônios com efeitos similares foram testados, como o 17 α -etiniltestosterona, o acetato de trembolona e o mibolerona com o *O. aureus* e *Oreochromis ssp.* (SHELTON *et al.*, 1981; TORRANS *et al.*, 1988; GALVEZ *et al.*, 1996; SANTAMARIA-MIRANDA *et al.*,

Recebido: jul./2024.

Publicado: set./2025.

2012), o 17 α -metilandroestendiol e o noretisterona para *O. mossambicus* (TORRANS *et al.*, 1988; PANDIAN e VARADARAJ, 1990) e fluoximesterona para *O. niloticus* (PHELPS *et al.*, 1992; JACQUELINE, 2008; TORRES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2010).

Recentemente Naz *et al.* (2023) comparou a eficácia de um hormônio androgênico de carpa comum com o 17- α -metiltestosterona na reversão sexual e no crescimento da tilápia do Nilo, como tentativa de encontrar um substituto natural para o androgênio sintético e otimizar o processo de reversão. Entretanto, nos resultados obtidos no presente estudo foi evidenciado que o androgênio de carpa comum não possui a mesma efetividade na reversão como o 17- α -metiltestosterona.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como evidenciado nesta revisão, o uso do 17- α -metiltestosterona é de prática comum, sendo utilizado amplamente na piscicultura. Mais de 40 anos de estudos voltados para o cultivo monossex permitiu a criação de diversos protocolos. Entretanto, é sempre necessário buscar métodos inovadores para melhorar a qualidade do pescado, tão importante para a economia nacional. Técnicas alternativas ao uso de hormônios como a manipulação cromossômica, a hibridização e a separação de espermatozoides vêm sendo estudadas a fim de desenvolver um protocolo alternativo ao uso do 17- α -metiltestosterona para a obtenção de um cultivo monossex.

REFERÊNCIAS

- ABUCAY, J.S.; MAIR, G.C. Hormonal sex reversal of tilapias: implications of hormone treatment application in closed water systems. **Aquaculture Research**, v.28, n.11, p.841-845, 1997.
- ALBINO, F.R.; ALENCAR, B.S.; SOUZA, K.L.D.; TRINDADE, K. Reversão sexual de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de tratamento hormonal. **Revista Pesquisa Agropecuária**, v.3, n.1, p.102-109, 2020.
- ALMEIDA, D.B. **Avaliações reprodutivas em três linhagens de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas no Brasil**, 2012. 736p. (Tese de Doutorado em Melhoramento e Reprodução Animal) Universidade Federal de Pelotas, 2012.
- ARAI, K. Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. **Aquaculture**, v.197, n.1-4, p.205-228, 2001.
- AUBURN UNIVERSITY. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus*. Auburn: International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, n.1, p.5, 1996.
- BABIKER, M.M.; IBRAHIM, H. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. **Journal of Fish Biology**, Oxford, v.14, n.5, p.437-448, 1979.
- BARÃO, D.; HOULGATTE, R.; FOSTIER, A.; GUIGUEN, Y. Large-scale temporal gene expression profiling during gonadal differentiation and early gametogenesis in rainbow trout. **Biology of Reproduction**, v.73, n.5, p.959–966, 2005.

BAROILLER, J.F.; COTTA, H.D. Sex control in tilapias. In: WANG, H.P., PIFERRER, F., CHEN, S.L. (Eds.), **Sex Control in Aquaculture**. John Wiley & Sons Ltd., 2018. p.191–234. <https://doi.org/10.1002/9781119127291.ch9>.

BARRY, T.P.; MARWAH, A.; MARWAH, P. Stability of 17 α -methyltestosterone in fish feed. **Aquaculture**, v.271, n.1, p.523-529, 2007.

BEARDMORE, J.A.; MAIR, G.C.; LEWIS, R.I. Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems and prospects. **Aquaculture**, v.197, n.1, p.283-301, 2001.

BOMBARDELLI, R.A.; SANCHES, E.A.; PINTO, D.F.H.; MARCOS, R.M.; BARBERO, L. Idade de maior sensibilidade de tilápias-do-nilo aos tratamentos de masculinização por banhos de imersão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.1-6, 2007.

BORGES, A.M. **Efeito da temperatura da água na produção de populações monossex de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem chitralada**, 2004. 65p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade de Brasília e Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2004.

BRENNAN, J; CAPEL, B. One tissue, two fates: molecular genetic events that underlie testis versus ovary development. **Nature Reviews Genetis**, v.5, n.7, p.509-521, 2004.

CARVALHO, E.D. **Indução da reversão de sexo em *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) com o uso do hormônio masculinizante 17 α metiltestosterona: frequência demachos e crescimento**, 1985. 166p. (Dissertação de Mestrado em Ecologia). Depto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, 1985.

CARVALHO, E.D; FORESTI, F. Reversão de sexo em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, TREWAVAS, 193, induzida por 17-alfa-metiltestosterona: proporção de sexo e histologia de gônadas. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v.56, n.2, p.249-262, 1996.

CASTILLO-CAMPOS, L.F. La historia genética e hibridacion de la tilapia roja. **Comarperz Ltda.** 1. ed., Cali, Colombia, 1994.

CELIK, I.; GUNER, Y.; CELIK, P. Effect of orallyadministrated 17 α -Methyltestosterone at different doses on sex reversal of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linneaus 1758). **Animal and Veterinary Advances**, v.10, n.7, p.853-857, 2011.

DERGAL, N.B.; SCIPPO, M.L.; DEGAND, G.; GENNOTTE, V.; MÉLARD, C.; EL-AMINE, A.A.S.M. Monitoring of 17 α -methyltestosterone residues in tilapia's (*Oreochromis niloticus*) flesh and experimental water after its sex reversal. **International Journal of Bioscience**, v.9, n.6, p.101-113, 2016.

DIAS-KOBERSTEIN, T.C.R.; NETO, A.G.; STÉFANI, M.V.; MALHEIROS, E.B.; SANTOS, M.A. Reversão sexual de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de banhos de imersão em diferentes dosagens hormonais **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.5, n.4, p.391-395, 2007.

DRUMMOND, C.D. **Níveis de 17 α -metiltestosterona em diferentes temperaturas na inversão sexual de tilápias *Oreochromis niloticus***, 2007. 90p. (Tese de Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

EL-SAYED, A.F.M. Tilapia Culture. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, 2006. <https://doi.org/10.1079/9780851990149.0000>.

EL-SAYED, M.M.; EZZAT, A.A.; KANDEEL, K.M.; SHABAN, F.A. Biochemical studies on the lipid content of Tilápia nilotica and *Sparus auratus*. **Comparative Biochemistry and Physiology, Comparative Biochemistry**, v.79, n.4, p.589-594, 1984.

GUERRERO, R.D. Use of androgens for the production of all-male *Tilápia aurea* (Steindachner). **Transactions of the American Fisheries Society**, v.104, n.2, p.342-348, 1975.

GUERRERO, R. D.; GUERRERO, L.A. **Feasibility of commercial production of Nile tilápia fingerlings in Philippines**. In: **Proceedings of the 2nd Symposium on Tilapia in Aquaculture, 16-20, 1987**, International Center for Living Aquatic Resource Management, Manila, Philippines, p.183-186, 1988.

HERBST, E.C. **Induction of tetraploidy in zebrafish danio rerio and nile tilapia Oreochromis niloticus**, 2002. 127p. (Thesis Master Science). University of North Carolina at Charlotte, NC, 2002.

HIOTT, A.E.; PHELPS, R.P. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. **Aquaculture**, v.112, n.4, p.301-308, 1993.

IJIRI, S.; KANEKO, H.; KOBAYASHI, T.; WANG, D.S.; SAKAI, F.; PAUL-PRASANTH, B.; NAKAMURA, M.; NAGAHAMA, Y. Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* **Biology of Reproduction**, v.78, n.2, p.333-34, 2008.

JACQUELINE, V.R. **Uso de la fluoximesterona en la inversión sexual de la tilapia de la línea Niloticus Stirling em el centro acuícola Jala, Tecomán, Col**, 2008. 42p. (Tese de Doutorado em Ciências Veterinárias). Universidad de Guadalajara, 2008.

KOBAYASHI, T.; KAJIURA-KOBAYASHI, H.; NAGAHAMA, S. A indução da reversão sexual XY pelo estrogênio envolve expressão gênica alterada em um teleósteo, tilápia. **Cytogenetic and Genome Research**, v.101, n.3/4, p.289-294, 2003.

LEONHARDT, J.H. **Efeito da reversão sexual em tilápia do Nilo, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1757)**, 1997. 141p. (Tese de Doutorado em Aquicultura). Jaboticabal, 1997.

LIEW, W.C.; ORBAN, L. Zebrafish sex: a complicated affair. **Briefings in Functional Genomics**, v.21, n.2, p.1-16, 2013.

MAIR, G.C.; SCOTT, A.G.; PENMAN, D.J.; BEARDMORE, J.A.; SKIBINSKI, O.F. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male population. **Aquaculture**, v.137, n.1/4, p.313-322, 1995

MARJANI, M.; JAMILI, S.; MOSTAFAVI, P.G.; RAMIN, M.; MASHINCHIAN, A. Influence of 17-Alpha Methyl Testosterone on masculinization and growth in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.4, n.1, p.71-74, 2009.

MEURER, F.; BOMBARDELLI, R.A.; PAIXÃO, P.S.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D. Frequência de arraçãoamento sobre o crescimento e percentagem de machos durante a fase de reversão sexual da tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.1133-1142, 2012.

MSISKA, O.V. The histology of mature gonads of *Oreochromis (Nyasalapia) karongae* (Trewavas). **African Journal of Ecology**, v.40, n.2, p.164-171, 2002.

MORAIS, I.S. **Avaliação da influência da temperatura e do pH na determinação sexual do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)**, 2016. 84p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Pesqueiras). Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

MOTA ALVES, ML.; LIMA, S.X. Considerações sobre a reprodução de *Oreochromis* (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus)). **Ciências Agronômicas**, v.18, n.2, p.51-56, 1987.

NAGAHAMA, Y. The functional morphology of teleost gonads. **Fish physiology**, v.9, p.223-275, 1983.

NAKAMURA, S.; AOKI, Y.; SAITO, D.; KUROKI, Y.; FUJIYAMA, A.; NARUSE, K.; TANAKA, M. A medaka transgênica Sox9b/sox9a2-EGFP revela a reorganização morfológica das gônadas e um precursor comum das células de suporte femininas e masculinas". **Reprodução e Desenvolvimento Molecular**, v.75, n.3, p.472-476, 2008.

NASCIMENTO EF, SANTOS RL. **Patologia da Reprodução dos animais domésticos**. 4. ed., Guanabara Koogan, 2003.

OSPINA-ÁLVAREZ, N.; PIFERRER, F. Temperature-dependent sex determination in fish revisited: Prevalence, a single sex ratio response pattern, and possible effects of climate change. **PLoS ONE**, v.3, n.7, p.e2837, 2008.

PANDIAN, T.J.; SHEELA, S.G. Hormonal induction of sex reversal in fish. **Aquaculture**, v.138, n.1/4, p.1-22, 1995.

PEZZATO, L.E. **Efeito de níveis de proteína sobre o crescimento da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* submetida à reversão sexual**, 1984. 90p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1984.

PHILIPPART, J.O.; RUWET, J.C.I. Ecology and Distribution of Tilapias. In: PULLIN, R.S.V.; LOWE-McCONNELL, R.H. (Eds.). **The Biology and Culture of Tilapias**. Manila, ICLARM, Conference Proceedings, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, p.15-59, 1982.

PIFERRER, F. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. **Aquaculture**, v.197, n.1/4, p.229-281, 2001.

POPMA, T.J.; GREEN, B.W. **Sex reversal of tilapia in earthen ponds: aquaculture production manual**. Auburn, AL: Auburn University (Research and Development Series, 35, 1990. 15p.

REIS, V.R.; DE ALMEIDA, F.L.; PIFERRER, F. Produção de populações monossex em peixes. **Revista Brasileira de ReproduçãoAnimal**, v.40, n.1, p.22-28, 2016.

RIBEIRO DIAS, T.C.; PEREIRA, R.V.; CASTAGNOLLI, N. **Reversão sexual da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, através da administração na dieta do hormônio 17 α metiltestosterona**. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 9, Sete Lagoas/MG, 1996. Resumos...Sete Lagoas, MG, 1996. p.122.

ROMANZINI, G.B.; COSTA, C.P. Cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. **Revista de JRG de Estudos Acadêmicos**, v.6, n.13, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8039083>.

RUSSEL, L.D.; ETTLIN, R.A.; SHINHA HIKIM, A.P.; CLEGG, E.D. Histological and histopathological of the testis, Boleta: **Cache River Press**, v.1, n.3, p.4-20, 1990.

SANTAMARÍA-MIRANDA, A.; HEREDÍA-BACASEGUA, J.H.; APÚN-MOLINA, J.P.; ROMÁN-VEJA, M.A.; GARCÍA-RODRIGUEZ, L.D.; TRIGUEROS-SALMERÓN, J.A. Masculinización de la tilapia roja *ssp.* con el esteroide acetato de trembolona (ATB) suministrado en el alimento. **Ra Ximhai**, v.8, n.3, p.137-142, 2012.

SANTOS, A.A.D. **Reversão sexual de tilápias gift criada em hapas e submetidas a diferentes taxas de alimentação em alta frequência**, 2015. 46p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2015.

SEKIDO, R.; LOVELL-BADGE, R. Sex determination and SRY: down to a wink and a nudge. **Trends in Genetic**, v.25, n.1, p.19-29, 2008.

SIEGFRIED, K.R. In Search of determinants: gene expression during gonadal sex differentiation. **Journal of Fish Biology**, v.76, n.8, p.1879-1902, 2010.

SILVA, G.F. **Tilápia-do-Nilo: Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Estado do Paraná. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2015. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/12/Livro-pronto.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, R.Z.C.; ALVARENGA, E.R.; MATTA, S.V.; ALVES, G.F.O.; MANDUCA, L.G.; SILVA, M.A.; YOSHINAGA, T.T.; FERNANDES, A.F.A.; TURRA, E.M. Masculinization protocol for Nile tilapia (*O. niloticus*) in Biofloc technology using 17 α -methyltestosterone in the diet. **Aquaculture**, v.547, p.737470, 2022.

TORRES-HERNÁNDEZ, P.; NUCAMENDI-RODRÍGUEZ, G.B.; PINTOS-TERÁN, P.; MONTOYA-MÁRQUEZ, J.Á. Masculinización de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae) por inmersión em Fluoximesterona y Testosterona enantato, **Zootecnia Tropical**, v.28, n.3, p.11-17, 2010.

TROMBETA, T.D.; BRABO, M.F.; NAOE, R.K.; DE GODOI, F.C.M.; BUENO, G.W.; DA ROCHA BRANDE, M. Viabilidade bioeconômica da produção de tilápis em pequena propriedade rural no noroeste de minas gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**, v.12, n.1, p.1-21, 2021.

TURNER, G.F.; ROBINSON, R.L. Reproductive biology, mating systems and parental care. In: BEVERIDGE, M.C.M.; MCANDREW, B.J. (Eds) **Tilapias: biology and exploitation**. London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.33-58. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4008-9_2.

TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; TEIXEIRA, E.A.; LUZ, R.K.; PRADO, A.S.; MELO, D.C.; FARIA, P.M.C.; SOUSA, A.B. Controle reprodutivo em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de manipulações sexuais e cromossônicas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.34, n.1, p.21-28, 2010.

VANDEPUTTE, M.; DUPONT-NIVET, M.; CHAVANNE, H.; CHATAIN, B. A Polygenic hypothesis for sex determination in the European sea bass *Dicentrarchus labrax*. **Genetics Society of America**, v.34, n.1, p.21-28, 2007.

VICENTE, I.S.T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C.E. Perspectivas da produção de tilápis do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, n.4, p.392-398, 2014.

VIEIRA, M.J.A.F. **Curso Teórico e Prático sobre Aqüicultura continental: Reprodução de peixes**. 1. ed., Apostila, 2002. 121p.

YAMAMOTO, T. Sex differentiation. In: HOAR, W.S.; RANDALL, D.J. **Fish Physiology**, 1. ed., Academic Press, New York, v.3, 1969. 117-175.